

**ANALISIS PENEMPATAN KAPASITOR PADA SALURAN DISTRIBUSI
20KV PENYULANG GONDANGREJO 3 DENGAN MENGGUNAKAN
SOFTWARE ETAP 12.6.0**



Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I
pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik

Oleh:

GITA VINTYA OLIVIA PUTRI

D400160128

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA

2020

HALAMAN PERSETUJUAN

ANALISIS PENEMPATAN KAPASITOR PADA SALURAN DISTRIBUSI 20KV PENYULANG GONDANGREJO 3 DENGAN MENGGUNAKAN SOFTWARE ETAP 12.6.0

PUBLIKASI ILMIAH

oleh:

GITA VINTYA OLIVIA PUTRI

D400160128

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen Pembimbing



Umar, S.T., M.T.

NIK. 731

HALAMAN PENGESAHAN

**ANALISIS PENEMPATAN KAPASITOR PADA SALURAN DISTRIBUSI
20KV PENYULANG GONDANGREJO 3 DENGAN MENGGUNAKAN
SOFTWARE ETAP 12.6.0**

OLEH

GITA VINTYA OLIVIA PUTRI

D400160128

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji

Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Surakarta

Pada hari Rabu, 29 Januari 2020

dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji:

- 1. Umar, S.T., M.T.
(Ketua Dewan Penguji)**
- 2. Tindyo Prasetyo, S.T., M.T.
(Anggota I Dewan Penguji)**
- 3. Agus Supardi, S.T., M.T.
(Anggota II Dewan Penguji)**


(.....)

(.....)

(.....)

Dekan,



Ir. Sri Sunarjono, M.T., Ph.D

NIK. 682

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 23 Januari 2020

Penulis



GITA VINTYA OLIVIA PUTRI

D400160128

ANALISIS PENEMPATAN KAPASITOR PADA SALURAN DISTRIBUSI 20 KV PENYULANG GONDANGREJO 3 DENGAN MENGGUNAKAN SOFTWARE ETAP 12.6.0

Abstrak

Kebutuhan listrik dalam kehidupan sehari – hari adalah suatu hal yang penting, karena kebutuhan beban yang terus meningkat. Salah satu masalah pada sistem distribusi yaitu jatuh tegangan. Mengurangi jatuh tegangan diperlukan sumber daya reaktif kapasitif dengan cara memasang kapasitor yang dipasang secara paralel pada penghantar penyulang jaringan. Penelitian ini dilakukan di penyulang Gondangrejo 3 yang disuplai dari gardu induk 150KV (GI) Gondangrejo. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan *Software ETAP 12.6.0* dengan digambarkan *single line diagram* untuk hasil jatuh tegangan penyulang dan penempatan kapasitor yang strategis. Pemilihan ukuran kapasitor disesuaikan kebutuhan agar diperoleh tegangan ujung yang maksimal. Panjang penghantar penyulang Gondangrejo 3 sebesar 49,38 km dengan menggunakan jenis penghantar AAAC ukuran 240 mm² dan nilai resistansi 0,139Ω/km. Hasil penelitian dengan penempatan kapasitor di penghantar penyulang Gondangrejo 3 mampu mengurangi jatuh tegangan semula 12,40% menjadi 9,52%. Penempatan kapasitor pada penyulang Gondangrejo 3 menghilangkan daya reaktif sebesar 2303,7 KVAR, selain itu memperbaiki tegangan ujung semula 16,698 KV meningkat menjadi 17,452 KV.

Kata Kunci : Gondangrejo 3, jatuh tegangan, kapasitor, *software ETAP 12.6.0*

Abstract

Electricity needs in daily life are important, because the load is always increase. One of the problems in distribution systems is voltage drop. Reduce the voltage drop required capacitive reactive resources by installing a capacitor in parallel on the feeder conductor. This research was conducted at feeder in Gondangrejo 3 which is supplied from the substation 150 KV Gondangrejo. This research uses *Software ETAP 12.6.0* with a *single line diagram* for the results of voltage drop on feeders and strategic placement of capacitor. The selection of capacitor size based on need so the maximum tip voltage is obtained. The length of Gondangrejo 3 feeder is 49,38 km by using AAAC 240 mm² and resistance value is 0,139Ω/km. The result of the research by placing capacitors on Gondangrejo 3 feeders can reduce voltage drops from 12,40% to 9,52%. The placement of the capacitor on the Gondangrejo 3 feeder is able to eliminate the reactive power of 2303,7 KVAR and it improves the final voltage of 16,698 KV increase to 17,452 KV.

Keywords : Capacitor , gondangrejo 3, *software ETAP 12.6.0*, voltage drop.

1. PENDAHULUAN

Meningkatnya kebutuhan listrik di Indonesia menyebabkan peningkatan sistem distribusi yang memiliki keandalan tinggi, untuk memenuhi kebutuhan listrik sehari – hari. Penduduk yang semakin banyak berpengaruh pada kebutuhan listrik yang terus meningkat. Sistem distribusi tenaga listrik harus menyediakan energi listrik yang berkualitas dan efisien. Energi listrik yang efisien menyebabkan daya yang disalurkan kepada pelanggan secara maksimal, tidak ada kehilangan daya pada peralatan listrik seperti trafo atau kehilangan daya pada sistem saluran. Kehilangan daya yang besar akan menjadikan kerugian bagi PLN, karena daya yang disalurkan tidak sama dengan daya yang diterima oleh pelanggan. Faktor daya dan tegangan yang sesuai dengan standart yang telah ditetapkan menjadikan kualitas daya listrik yang baik.

Daya pada sistem distribusi dapat berupa daya reaktif kapasitif maupun daya reaktif induktif. Peningkatan daya reaktif induktif dapat menyebabkan faktor daya menurun, rugi-rugi daya dan jatuh tegangan. Peningkatan daya reaktif induktif dapat menyebabkan arus jaringan yang lebih tinggi dengan penurunan tegangan yang tidak diizinkan (Herawati,2019). Kondisi ini dapat menyebabkan kerugian pada saluran listrik karena daya yang tersalurkan tidak maksimal. Salah satu cara mengatasi jatuh tegangan dan mengurangi rugi – rugi daya yaitu penempatan kapasitor di lokasi strategis dan tepat.

Penelitian dilakukan di penyulang Gondangrejo 3 yang disuplai dari Gardu Induk 150KV (GI) Gondangrejo. Penelitian dengan menggunakan data beban dan data saluran digambarkan *single line diagram* penyulang Gondangrejo 3 di *Software ETAP 12.6.0*. Hasil simulasi yang diperoleh untuk mengetahui jatuh tegangan dan rugi – rugi daya untuk penyulang dan penempatan kapasitor yang strategis.

2. METODE

Metode yang digunakan pada penelitian penempatan kapasitor di penyulang Gondangrejo 3 yaitu :

a. Wawancara

Metode ini dilakukan dengan bertanya jawab dengan pihak karyawan PT. PLN UP3 Surakarta secara langsung untuk mendapatkan data yang akan dijadikan bahan penelitian.

b. Studi Literatur

Mencari referensi yang terkait dengan tugas akhir mengenai penempatan kapasitor untuk mengurangi jatuh tegangan dan rugi – rugi daya. Materi tersebut berasal dari berbagai referensi atau sumber – sumber ilmiah penelitian seperti jurnal penelitian ilmiah, skripsi tentang jatuh tegangan dan rugi-rugi, buku – buku yang berkaitan dengan penelitian tugas akhir.

c. Pengambilan data

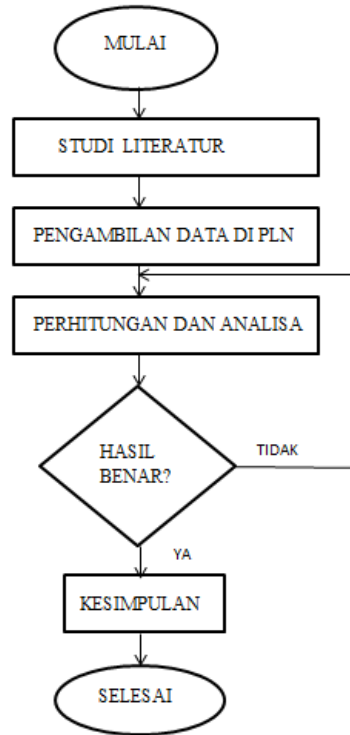
Data yang digunakan berdasarkan data yang diberikan dari PT. PLN UP3 Surakarta untuk analisis saluran transmisi 20 KV penyulang Gondangrejo 3. Data yang diberikan meliputi data diagram garis penyulang Gondangrejo 3, data beban dan data saluran penyulang Gondangrejo 3.

d. Pengolahan data

Penempatan kapasitor di penyulang Gondangrejo 3 dilakukan dengan *Software Etap* 12.6.0 untuk menentukan lokasi penempatan kapasitor dan ukuran kapasitor. Lokasi penempatan kapasitor dipilih yang tepat dan ukuran kapasitor dilakukan percobaan kapasitor yang berukuran berbeda sebanyak 10 kapasitor.

e. Analisis data

Setelah pengambilan data dari PT. PLN UP3 Surakarta dilakukan analisis data. Analisis data untuk membandingkan pengaruh penempatan kapasitor di penyulang Gondangrejo 3. Data yang telah di analisis dan disusun laporan tugas akhir.



Gambar 1. *Flowchart* penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang diperoleh dari PT. PLN UP3 Surakarta untuk menghitung besar jatuh tegangan pada penyulang Gondangrejo 3 dengan analisis menggunakan perhitungan manual dan *Software ETAP 12.6.0*, berikut data yang di peroleh :

a. Transformator daya

Kapasitas	: 60 MVA
Tegangan nominal	: 150/20 KV
Arus nominal 20 KV	: 1734,1 A
Arus nominal 150 KV	: 231,21 A

b. Penghantar

Jenis Penghantar	: AAAC
Ukuran penghantar	: 240 mm ²
Resistansi	: 0,139 Ω/km

Analisis dengan perhitungan rumus

Daya Aktif

$$P = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \theta \quad (1)$$

Keterangan :

P = Daya aktif (W)

V = Tegangan (V)

I = Arus (A)

Cos θ = Faktor daya

Daya Semu

$$S = \frac{P}{\cos \theta} \quad (2)$$

Keterangan :

S = Daya Semu (VA)

P = Daya aktif (W)

Cos θ = Faktor daya

Daya Aktif Penyulang Gondangrejo 3

$$P = \sqrt{3} \times 20 \text{ KV} \times 640 \times 0,9$$

$$P = 53.929.600 \text{ W}$$

$$P = 19,92 \text{ MW}$$

Daya Semu Penyulang Gondangrejo 3

$$S = \frac{19,92}{0,9}$$

$$S = 22,14 \text{ MVA}$$

Daya Aktif Penyulang Gondangrejo 4

$$P = \sqrt{3} \times 20 \text{ KV} \times 286 \times 0,9$$

$$P = 8.906.040 \text{ W}$$

$$P = 8,9 \text{ MW}$$

Daya Semu Penyulang Gondangrejo 4

$$S = \frac{8,9}{0,9}$$

$$S = 9,89 \text{ MVA}$$

Daya Aktif Penyulang Gondangrejo 7

$$P = \sqrt{3} \times 20 \text{ KV} \times 956 \times 0,9$$

$$P = 29.769.840 \text{ W}$$

$$P = 29,7 \text{ MW}$$

Daya Semu Penyulang Gondangrejo 7

$$S = \frac{29,7}{0,9}$$

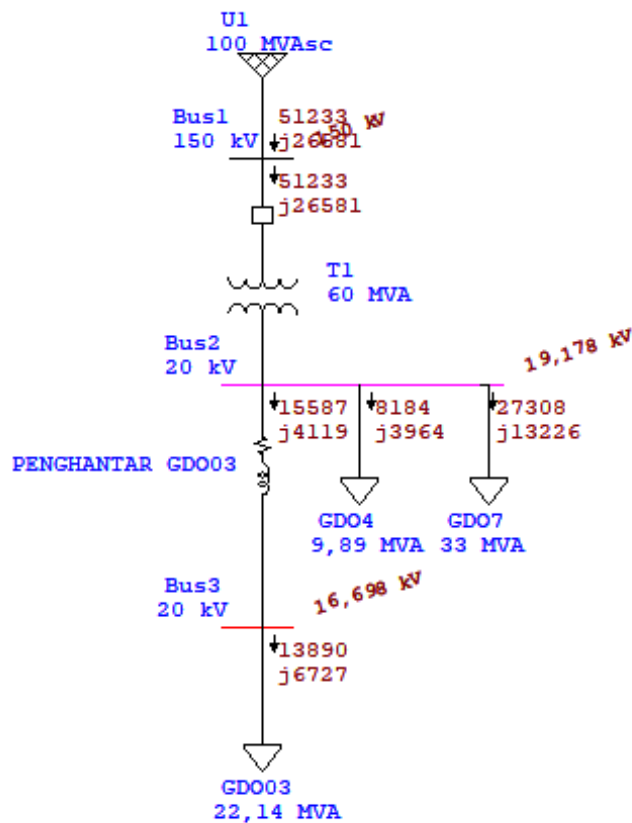
$$S = 33 \text{ MVA}$$

Analisa dengan *Software ETAP 12.6.0*

Tabel 1. Hasil sebelum penempatan kapasitor

Branch Losses Summary Report

CKT / Branch	From-To Bus Flow		To-From Bus Flow		Losses		% Bus Voltage		Vd % Drop in Vmag
	MW	Mvar	MW	Mvar	kW	kvar	From	To	
T1	51.233	26.581	-51.079	-21.309	154.6	5272.5	100.0	95.9	4.11
PENGHANTAR GDO03	15.587	4.119	-13.890	-6.727	1696.4	-2608.1	95.9	83.5	12.40
					1851.0	2664.3			

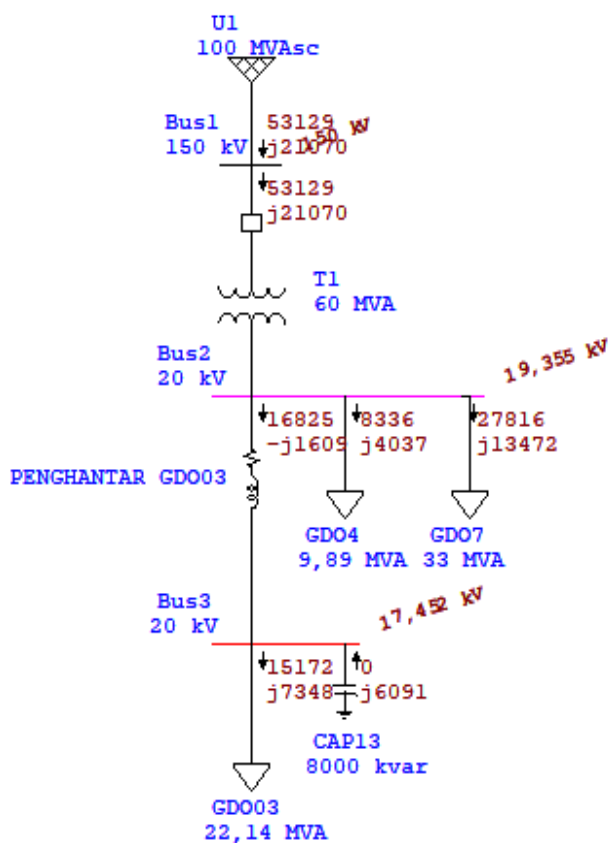


Gambar 2. *Single Line Diagram* sebelum penempatan kapasitor

Hasil simulasi *Software ETAP 12.6.0* menunjukkan presentase jatuh tegangan sebelum penempatan kapasitor pada penyulang Gondangrejo 3 di transformator sebesar 4,11% dan di penghantar sebesar 12,40%. Rugi – rugi daya reaktif 2664,3 KVAR dan rugi – rugi daya aktif sebesar 1851 KW. Standart tegangan yang ditetapkan oleh PLN (SPLN), jatuh tegangan ujung maksimal sebesar 10%. Di tegangan ujung penyulang Gondangrejo 3 mengalami jatuh tegangan sebesar 12,40% sehingga melebihi batas maksimal yang telah ditetapkan oleh PLN. Upaya yang dilakukan untuk mengurangi jatuh tegangan pada penyulang Gondangrejo 3 dengan penempatan kapasitor pada tegangan ujung.

Tabel 2. Hasil setelah penempatan kapasitor

Branch Losses Summary Report									
CKT / Branch	From-To Bus Flow		To-From Bus Flow		Losses		% Bus Voltage		Vd % Drop
	MW	Mvar	MW	Mvar	kW	kvar	From	To	in V mag
T1	53.129	21.070	-52.978	-15.900	151.6	5170.0	100.0	96.8	3.22
PENGHANTAR.GDO03	16.825	-1.609	-15.172	-1.257	1653.4	-2866.2	96.8	87.3	9.52
					1805.0	2303.7			



Gambar 3. Single Line Diagram setelah penempatan kapasitor

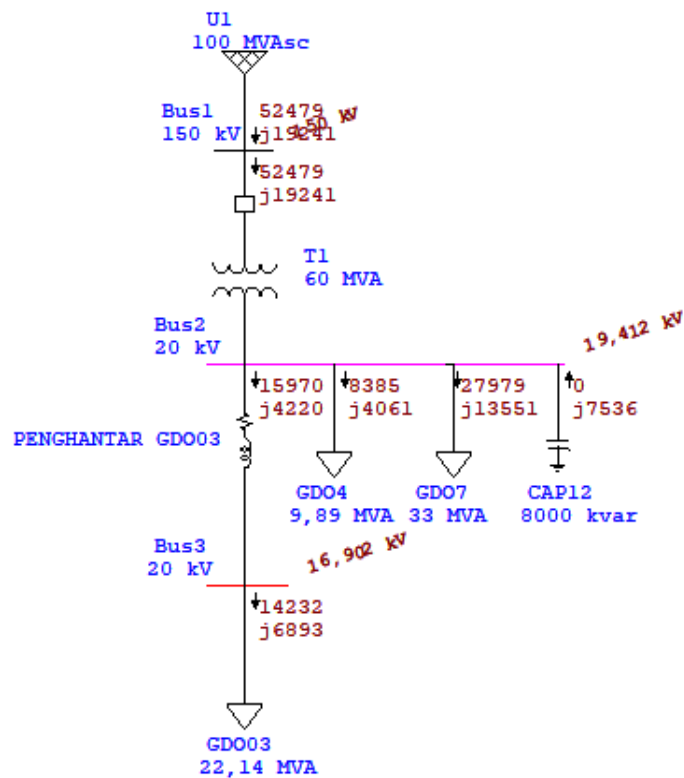
Hasil di atas menunjukkan hasil simulasi setelah penempatan kapasitor dengan *Software ETAP 12.6.0*. Presentase jatuh tegangan setelah penempatan kapasitor pada penyulang Gondangrejo 3 di transformator semula 4,11% menjadi 3,22% dan di penghantar semula 12,40% menjadi 9,52%. Rugi – rugi daya aktif semula 1851 KW menjadi 1805 KW dan

rugi – rugi daya reaktif semula 2664,3 KVAR menjadi 2303,7 KVAR. Penempatan kapasitor dengan ukuran 800 KVAR sebanyak 10 kapasitor dapat mengurangi jatuh tegangan di ujung penyulang Gondangrejo 3 sebesar 2,88%.

Tabel 3. Hasil penempatan kapasitor di sisi tegangan kirim

Branch Losses Summary Report

CKT / Branch	From-To Bus Flow		To-From Bus Flow		Losses		% Bus Voltage		Vd % Drop in Vmag
	MW	Mvar	MW	Mvar	kW	kvar	From	To	
T1	52.479	19.241	-52.334	-14.296	145.0	4944.6	100.0	97.1	2.94
PENGHANTAR GDO03	15.970	4.220	-14.232	-6.893	1738.1	-2672.3	97.1	84.5	12.55
					1883.1	2272.4			



Gambar 4. Single line diagram penempatan kapasitor di sisi tegangan kirim

Hasil di atas menunjukkan bahwa penempatan kapasitor di sisi tegangan kirim meningkatkan jatuh tegangan di penghantar penyulang Gondangrejo 3 dan rugi – rugi daya aktif meningkat, sehingga tidak berpengaruh untuk memperbaiki tegangan ujung. Penelitian ini menggunakan 5 kapasitor dengan ukuran yang berbeda sebanyak 10 kapasitor ditunjukkan hasil di bawah ini :

Tabel 4. Hasil penempatan kapasitor dengan ukuran 500 KVAR

Branch Losses Summary Report

CKT / Branch	From-To Bus Flow		To-From Bus Flow		Losses		% Bus Voltage		Vd % Drop in Vmag
	MW	Mvar	MW	Mvar	kW	kvar	From	To	
T1	52.341	23.174	-52.189	-17.988	152.1	5185.7	100.0	96.4	3.56
PENGHANTAR GDO03	16.290	0.601	-14.678	-3.426	1611.7	-2824.4	96.4	85.8	10.61
					1763.8	2361.3			

Tabel 5. Hasil penempatan kapasitor dengan ukuran 600 KVAR

Branch Losses Summary Report

CKT / Branch	From-To Bus Flow		To-From Bus Flow		Losses		% Bus Voltage		Vd % Drop in Vmag
	MW	Mvar	MW	Mvar	kW	kvar	From	To	
T1	52.593	22.477	-52.441	-17.300	151.8	5177.2	100.0	96.5	3.45
PENGHANTAR GDO03	16.458	-0.127	-14.841	-2.719	1617.4	-2846.2	96.5	86.3	10.25
					1769.2	2331.1			

Tabel 6. Hasil penempatan kapasitor dengan ukuran 800 KVAR

Branch Losses Summary Report

CKT / Branch	From-To Bus Flow		To-From Bus Flow		Losses		% Bus Voltage		Vd % Drop in Vmag
	MW	Mvar	MW	Mvar	kW	kvar	From	To	
T1	53.129	21.070	-52.978	-15.900	151.6	5170.0	100.0	96.8	3.22
PENGHANTAR GDO03	16.825	-1.609	-15.172	-1.257	1653.4	-2866.2	96.8	87.3	9.52
					1805.0	2303.7			

Tabel 7. Hasil penempatan kapasitor dengan ukuran 1000 KVAR

Branch Losses Summary Report

CKT / Branch ID	From-To Bus Flow		To-From Bus Flow		Losses		% Bus Voltage		Vd % Drop in Vmag
	MW	Mvar	MW	Mvar	kW	kvar	From	To	
T1	53.711	19.644	-53.559	-14.468	151.8	5176.4	100.0	97.0	2.99
PENGHANTAR GDO03	17.234	-3.125	-15.510	0.272	1724.2	-2853.2	97.0	88.2	8.78
					1876.0	2323.2			

Tabel 8. Hasil penempatan kapasitor dengan ukuran 1200 KVAR

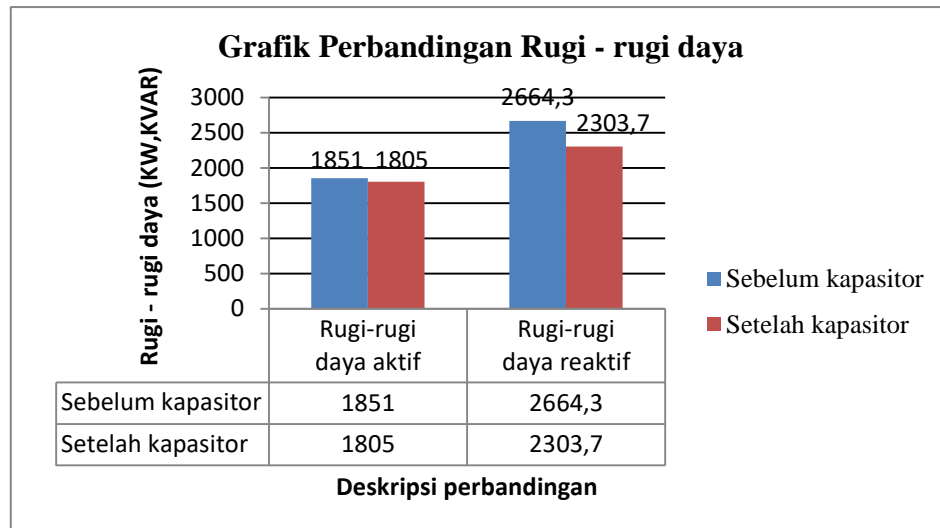
Branch Losses Summary Report

CKT / Branch ID	From-To Bus Flow		To-From Bus Flow		Losses		% Bus Voltage		Vd % Drop in Vmag
	MW	Mvar	MW	Mvar	kW	kvar	From	To	
T1	54.339	18.201	-54.187	-13.004	152.4	5197.5	100.0	97.2	2.76
PENGHANTAR GDO03	17.687	-4.674	-15.855	1.869	1831.9	-2804.7	97.2	89.2	8.04
					1984.3	2392.8			

Tabel di atas menunjukkan bahwa ukuran kapasitor yang tepat adalah 800 KVAR, karena mampu mengurangi jatuh tegangan penghantar kurang dari 10% dan mengurangi rugi – rugi daya. Kapasitor berukuran 500 KVAR dan 600 KVAR menunjukkan jatuh tegangan lebih dari 10%. Kapasitor berukuran 1000 KVAR dan 1200 KVAR menunjukkan rugi – rugi daya aktif meningkat dan jatuh tegangan berkurang. Ukuran kapasitor yang terlalu tinggi menyebabkan kapasitor berubah menjadi beban, sehingga menimbulkan rugi – rugi daya. Penempatan kapasitor menggunakan 5 kapasitor dengan ukuran yang berbeda ditunjukkan hasil di bawah ini :

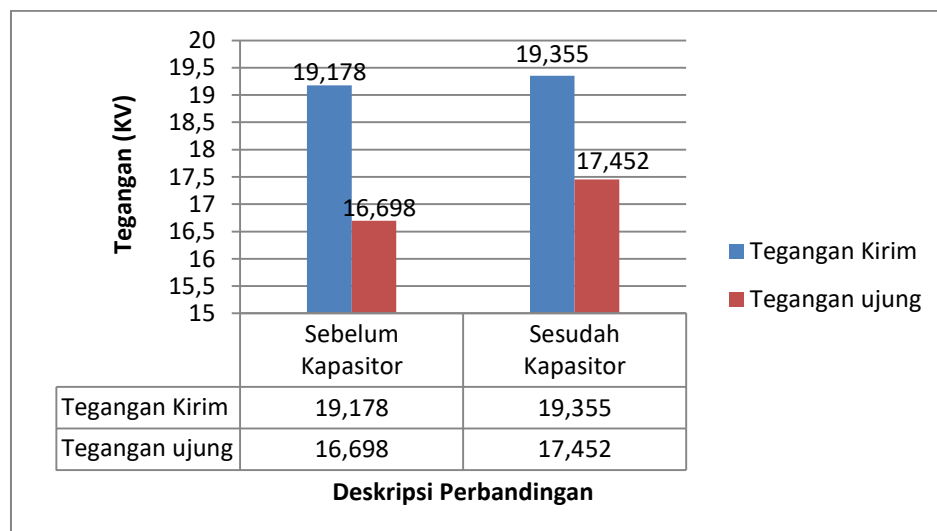
Tabel 9. Perbandingan sebelum dan setelah penempatan kapasitor

NO	DESKRIPSI	SEBELUM KAPASITOR	SESUDAH KAPASITOR				
			UKURAN KAPASITOR				
			500 KVAR	600 KVAR	800 KVAR	1000 KVAR	1200 KVAR
1	ΔV	2,48KV	2,12KV	2,05KV	1,9KV	1,76KV	1,6KV
2	Plosses	1851 KW	1763,8KW	1769,2KW	1805 KW	1876 KW	1984,3 KW
3	Qlosses	2664,3KVAR	2361,3 KVAR	2331,1 KVAR	2303,7KVAR	2323,2KVAR	2392,8 KVAR



Gambar 5. Grafik perbandingan rugi – rugi daya sebelum dan setelah penempatan kapasitor

Berdasarkan grafik perbandingan rugi – rugi daya setelah penempatan kapasitor ukuran 800 KVAR, mengurangi rugi – rugi daya reaktif 360 KVAR dan rugi – rugi daya aktif 46 KW



Gambar 6. Grafik perbandingan tegangan sebelum dan setelah penempatan kapasitor

Grafik di atas menunjukkan pengaruh penempatan kapasitor di penyulang Gondangrejo 3 menyebabkan perbaikan tegangan meningkat. Tegangan kirim semula 19,178 KV meningkat menjadi 19,335 KV dan tegangan ujung semula 16,698 KV meningkat menjadi 17,452 KV.

4. PENUTUP

Hasil penelitian mengenai penempatan kapasitor di penyulang Gondangrejo 3 diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

- (1) Penempatan kapasitor memperbaiki tegangan sehingga mengurangi jatuh tegangan penyulang Gondangrejo 3 semula 2,48 KV menjadi 1,9 KV.
- (2) Penempatan kapasitor di tegangan ujung penyulang Gondangrejo 3 dengan kapasitor berukuran 800 KVAR sebanyak 10 kapasitor.
- (3) Rugi – rugi daya aktif sebesar 1851 KW dan setelah penempatan kapasitor menjadi 1805 KW sedangkan rugi – rugi daya reaktif sebesar 2664,3 KVAR dan setelah penempatan kapasitor sebesar 2303,7 KVAR.
- (4) Penempatan kapasitor dengan menggunakan perintah OCP (Optimal Capacitor Placement) dan kandidat yang dipilih berdasarkan bus yang berada pada ujung penghantar agar kapasitor dapat meningkatkan tegangan guna mengurangi jatuh tegangan.
- (5) Penempatan kapasitor dapat mengurangi rugi – rugi daya dan jatuh tegangan, serta dapat memperbaiki tegangan agar meningkat.
- (6) Pemilihan ukuran kapasitor yang terlalu besar menyebabkan kelebihan beban karena kapasitor juga sebagai penyimpanan energi, sehingga rugi – rugi daya bertambah dan menyebabkan jatuh tegangan.

PERSANTUNAN

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Bismillahirrahmanirrahim

Alhamdulillah puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayahNya sehingga saya dapat menyelesaikan penelitian tugas akhir ini sebagai syarat sarjana Strata-1. Saya mengucapkan terimakasih kepada seluruh pihak yang terlibat dalam menyelesaikan penelitian tugas akhir kepada :

1. Papa, Mama, Adek yang selalu memberikan dukungan dan juga doa agar dapat menyelesaikan tugas akhir dan menjadi sarjana strata-1.
2. Bapak Umar, S.T.,M.T. selaku dosen pembimbing yang membimbing dan memberikan saran dalam menyelesaikan tugas akhir.
3. Bapak Yuli dan seluruh teknisi PLN UP3 Surakarta yang telah membantu dalam memberikan data penelitian tugas akhir.
4. Bapak dan ibu dosen teknik elektro UMS yang telah membimbing selama 3,5 tahun sehingga ilmu yang diberikan bermanfaat dalam menyelesaikan tugas akhir.
5. Teman – teman yang tidak dapat saya ucapkan satu persatu yang sudah memberikan semangat, mendengarkan keluh kesah saya dalam menyelesaikan tugas akhir.

DAFTAR PUSTAKA

- Bakker,Emma.,Vahid Deljou, and Javad Rahmani. 2019. *Optimal Placement of Capacitor Bank in Reorganized Distribution Networks Using Genetic Algorithm*. International Journal of Computer Applications Technology and Research, Vol. 8, Issue 4, 89-97.
- Dzackiy, Unggul K. 2012. *Optimasi Penempatan Kapasitor Menggunakan Logika Fuzzy dan Algoritma Genetika pada Sistem Distribusi Tenaga Listrik*.Semarang : Universitas Diponegoro.
- Habsoro, Sigit W., Agung Nugroho, dan Bambang Winardi. 2013. *Analisa Penempatan Kapasitor Bank untuk Perhitungan Drop Voltage*

- Pada Feeder Batang 02 Tahun 2012 2016 dengan Software Etap 7.0.0. TRANSIENT*, Vol.2, No. 1,Maret.
- Herawati, YS, dan Gahara Nur E.P. 2019. *Optimasi Penempatan Kapasitor pada Sistem Tegangan Menengah Regional Jawa Barat*. TESLA, Vol. 21, No. 1, Maret.
- Kannan,S.M.,dkk. 2011. *Optimal capasitor placement and sizing using Fuzzy-DE and Fuzzy MAPSO methods*.Applied Soft Computing. 11. 4997-5005.
- Mohsin,Qasim K.,dkk. 2016. *Optimal Placement and Capacity of Capasitor Bank in Radial Distribution System*. IEEE. 416-423.
- R. Ahmed, and Abul'Wafa. 2014. *Optimal Capasitors Placement for enhancing voltage stability in distribution systems using analytical algorithm and Fuzzy-Real Coded GA*.Electrical Power and Energy Systems. 55. 246-252.
- Singh,S.P., and A.R.Rao. 2012. *Optimal allocation of capasitors in distribution systems using particle swarm optimization*. Electrical Power and Energy Systems. 43. 1267-1275.
- Sonwane,P.M dkk. 2015. *Optimal Capasitor Placement and Sizing: An Overview*. IJIRAE. Vol 2. 103-113.